1935
Lane Medical Library

Experimentelle Untersuchungen über die Festigkeit und Dehnbarkeit der Sklera von Schweinsaugen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Hermann Heymann
approb. Arzt, aus Aue i. Erzgeb.

Tag der mündlichen Prüfung: 11. Dez. 1935.

1935
Buchdruckerei Karl Döres, Erlangen, Jägerstr. 3

Referent: Professor Dr. H. Schmelzer

Dekan: Geh.-Rat, Professor Dr. Jamin.

Meinen lieben Eltern und Großeltern gewidmet.

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Einleitung 5
II. Beschreibung der Apparatur 10
III. Beschreibung der Versuche 12
IV. Versuchsergebnisse mit Tabellen 15
A. Meridionalstreifen
B. Circulärstreifen
C. Lederhaut-Hornhautstreifen
D. Hornhautstreifen
V. Zusammenfassung 19
VI. Literaturverzeichnis 21
VII. Lebenslauf 23

Das Problem des Glaukoms ist bis heute noch ungelöst trotz der vielen einschlägigen wissenschaftlichen Arbeiten. Zwei Teilfragen nur dürfen wir wohl als beantwortet ansehen, nämlich die Frage nach dem Flüssigkeitswechsel im Auge und die Frage nach der Mechanik der intraokularen Drucksteigerung (Leber, Seidel). Ueber andere Teilfragen wissen wir noch recht wenig, so z. B. über die Rolle, welche die Sklera in der Pathogenese des Glaukoms spielt, ob ihr überhaupt dabei eine wesentliche Rolle zufällt. Vielfach hat man diese Frage ganz vernachlässigt in der Annahme, daß die Lederhaut nur als Behälter und Schutzapparat des Auges diene und ihr daher keine größere Bedeutung zukomme. In neuerer Zeit aber zieht man wieder das Verhalten der Sklera mehr und mehr in den Kreis näherer Betrachtung.

Bevor ich auf meine Arbeit näher eingehe, ist ein Rückblick über die bisherige Forschung wohl angebracht. Dabei folge ich im großen ganzen den Ausführungen Vogelsangs in seiner 1930 erschienenen Arbeit „Ueber Elastizitätsmessungen am Auge".

Danach hat Coccius (1863) erstmals einen Fall von Glaukom beschrieben, bei dem die Sklera durch ihre Steifigkeit, Resistenz und gelbliche Farbe auffiel. Er nimmt an, daß in diesem Falle eine fettige Degeneration der Sklera zur Schrumpfung führte und dadurch der Bulbusinhalt unter hohen Druck gesetzt wurde.

In seiner Arbeit: „Beiträge zur Pathologie und Therapie des Glaukoms" schreibt A. v. Graefe (1869) der rigiden Beschaffenheit der Sklera eine wichtige Rolle in der Pathogenese des Glaukoms zu. Vor allem habe die Verschiedenheit des skleralen Widerstandes einen gewissen Einfluß auf das Entstehen der glaukomatösen Excavation der Papille.

Pflüger führte 1872 tonometrische Druckmessungen bei langsamer Verminderung des künstlich erhöhten Druckes an 20 Menschenaugen in situ kurz nach dem Tode aus. Er denkt schon an die Einwirkung des Lebensalters auf die Skleralspannung und schreibt, daß die Elastizität bezw. Rigidität der Sklera eine sehr verschiedene sei.

Ueber den pathologisch-anatomischen Bau der Sklera berichtet Wedl (1882) folgendes: „Es versteht sich von selbst, daß, wenn die kleinsten Teilchen nicht mehr in ihre frühere Lage nach einer längere Zeit andauernden Spannung zurückzukehren vermögen, das betreffende Gewebe einen gewissen Grad von Rigidität angenommen haben müsse. Ebenso einleuchtend ist es, daß die Zug- und Druckelastizität wie die Elastizitätsgrenze der Sklera in physiologischer und pathologischer Beziehung eine spezielle Bearbeitung verlangt".

Um die Dehnbarkeit der Sklera zu prüfen, setzte Schultén (1884) enukleierte Tieraugen unter verschiedenen Druck und machte Volumbestimmungen. Dabei fand er, daß die elastische Dehnbarkeit des Auges bei niedrigen Druckgraden relativ bedeutend ist, dann schnell abnimmt und schon bei 30—40 mm Hg. sehr gering ist.

Mauthner (1889) wirft die Frage auf, ob beim Betasten eines Auges, das einem hart erscheint, die Härte durch ungewöhnliche Starrheit der Sklera bei normaler Füllung des Bulbus bedingt ist oder durch abnorme Füllung des Auges bei normaler Dehnbarkeit der Sklera.

Maklakoff (1885) beschreibt sein neues Tonometer, das von Imbert insofern propagiert wird, als nun der Elastizität der Sklera, die vordem vernachlässigt worden sei, Rechnung getragen wurde. Beim jetzt allgemein gebrauchten Tonometer nach Schiötz wird die Elastizität der Sklera praktisch vernachlässigt; es werden damit nur relative Druckwerte erzielt, die aber für die praktischen Zwecke der Klinik völlig genügen.

Koster stellte 1895 Versuche über die Elastizität der Sklera an, indem er bei Kaninchen- und Schweinsaugen den Durchmesser des Bulbus in drei senkrecht aufeinanderr stehenden Richtungen bei verschiedenen Druckhöhen mit einem Tasterzirkel bestimmte. Er fand große Widerstandsfähigkeit der Sklera enukleierter und lebender Augen sowie beträchtliche Volumzunahme bei anfänglicher Drucksteigerung und Bestreben des Augapfels Kugelgestalt anzunehmen.

1897 stellte Gruber an einem schematischen Druckauge folgende Betrachtungen an: Jede Drucksteigerung über den normalen Innendruck bedinge eine vollständige Verschiebung des Spannungsverhältnisses der elastischen Wandung. Dabei können pathologische Veränderungen verschiedener Art vor sich gehen (Skleralstaphylom, Hornhautödem).

Von Bedeutung sind besonders die Glaukomtheorien, welche Schmidt-Rimpler (1908) im Handbuch v. Graefe-Saemisch auf eine prim. Affektion der Sklera zurückführt. Dabei soll ein

Verlust von Elastizität Drucksteigerung herbeiführen. Durch pathologische Verhärtung entstehe eine Verkleinerung des Bulbus. Der intraokulare Druck sei abhängig von der Elastizität der Bulbuskapsel und der Größe des Inhaltes, dieser wechsle mit der Menge der Blutzufuhr. Die Hypertonie im Glaukomauge könne durch Verringerung der Kapselelastizität hervorgerufen werden.

Ruben (1913) nimmt in der Frage der Schrumpfung der Sklera den Standpunkt ein, daß das vorliegende Tatsachenmaterial nicht ausreiche, um Schrumpfungsprozessen der Bulbuskapsel ein wichtiges Moment in der Genese des Glaukoms zuzuweisen.

In seiner Monographie „Die Anomalien der Skleralspannung" betont auch Stransky (1912), daß die Tension der Bulbushülle nicht allein vom intraokularen Druck, sondern auch von der Resistenz der Bulbushülle abhängig sei. Dies erscheint ja auch sehr einleuchtend, wenn man nur an die rigide Lederhaut denkt, die nach Staroperationen an alten Leuten oft deutlich in Erscheinung tritt dadurch, daß die Hornhaut rückwärts sich eindellt, während die Sklera keinerlei Formveränderung zeigt. Stransky sagt weiter für den Bulbus als Hohlgebilde mit elastischen Wänden folgendes aus: Je größer der Druck und die Oberfläche, desto größer die Spannung. Je größer die Starre und Dicke, desto kleiner die Spannung. Wächst in einem Auge der intraokulare Druck, so wächst die Skleralspannung dieses Auges und seine Bulbusresistenz, und zwar die Skleralspannung proportional der Zunahme an intraokularem Druck; die von uns getastete Bulbusresistenz bloß um einen Bruchteil der Zunahme an intraokularem Druck.

Von Krekeler (1923) besitzen wir neuere pathologisch-anatomische Untersuchungen über den Bau der Sklera in verschiedenen Lebensaltern. Die Sklera habe die Aufgabe, das Gerüst des Sehorgans zu bilden, den intraokularen Druck zu tragen und die Form des Bulbus zu erhalten. Demnach seien von ihr wichtige mechanische Funktionen zu erfüllen. Die Forderung der Festigkeit, Dehnbarkeit und Elastizität würde bei der Sklera durch die enge Vermischung der derben Skleralfasern mit elastischen Fasern erreicht, wie Krekeler auf Grund seiner Präparate mit Elastikafärbung feststellen konnte. Durch regressive Veränderungen der Skleralfasern sei die im Alter entstehende Rigidität bedingt, nicht aber durch Abnahme der elastischen Fasern.

Untersuchungen über die Quellbarkeit der Sklera stammen von F. P. Fischer (1926). Er fand folgendes: Bei einer Aenderung des Wassergehaltes in der Sklera trete eine Aenderung der mechanischen Eigenschaften des Skleragewebes auf. An der Lederhaut von Augen mit intraokularer Drucksteigerung hat Fischer eine höhere Intensität und eine andere Form der Wasserbindung

festgestellt als an Augen ohne Drucksteigerung. Aenderungen der mechanischen Eigenschaften stünden mit Aenderungen des kolloidalen Zustandes in ursächlichem Zusammenhang. Neigung zur Schrumpfung zeigen die Lederhäute druckgesteigerter Augen nicht, auch kann Abnahme der Elastizität allein eine Drucksteigerung nicht bewirken.

Eine neue Methode in der mechanischen Gewebsprüfung verfolgt seit 1930 Vogelsang, nämlich die sog. ballistische Elastometrie, wozu er das ballistische Elastometer nach Bethe- Steinhausen- Richter verwendet. Er kam aber über Vorversuche anscheinend noch nicht hinaus.

Im Jahre 1934 berichtet Kokott über eine besondere Darstellung des Spaltlinienbildes der Sklera, die aber keine für die Glaukomfrage wichtigen Aufschlüsse bringt.

Ueber Elastizitätsmessungen an isolierten Skleralstreifen liegen bisher nur drei Arbeiten vor.

Als erster versuchte Weber im Jahre 1877 die Elastizität der menschlichen Sklera auf diese Art zu messen. Er verwandte 3—5 mm breite Streifen von möglichst frischen menschlichen Augen, die er in meridionaler und äquatorialer Richtung ausschnitt. „Er klemmte dieselben mittelst zweier Quetschschrauben an beiden Enden fest ein. Die eine der Quetschvorrichtungen diente zum Aufhängen, die andre zum Anbinden einer Wagschale, deren, wie der Schraube Gewicht bekannt war. Am unteren Ende des so aufgehängten Streifens, mehr oder weniger dicht über der unteren Quetschvorrichtung, wurde eine straffe Borste senkrecht zur Längsachse des Streifens eingefügt, die über einem mit diesem parallel hängenden Maßstab als Zeiger hingleitete. Die Wagschale wurde nun belastet, und die dadurch hervorgebrachte Verlängerung des Streifens nach einigen Minuten, wenn der Zeiger zur Ruhe gekommen war, abgelesen. Nach jeder Messung wurde das Gewicht abgenommen, um den Streifen wieder in den Anfangszustand zurückkehren zu lassen, und nur diese Gewichtsbestimmungen zur Berechnung der Elasticitätsmodul verwendet, zur Berechnung also des Gewichts, welches nötig ist, um einen solchen Streifen zu seiner doppelten Länge auszudehnen.

(Ich habe eine große Anzahl solcher Messungen ausgeführt, aber je größer die Zahl wurde, um so abweichender das Resultat, so daß ein Mittel daraus zu ziehen und als Elasticitätsmodul der Sklera hinzustellen, mir ein mathematischer Unsinn schien)".

Weber gab die Versuche wieder auf, da er schwankende Resultate erhielt.

Jschreyt macht im Jahre 1898 ähnliche Versuche an Schweins- und Rinderaugen. Dazu verwendete er einen Apparat,

den sein Vater als Ingenieur folgendermaßen konstruierte: „Von zwei Klemmvorrichtungen, welche dazu dienten, die Skleralstreifen zwischen sich auszudehnen, war die eine an einem Stativ befestigt, während die andere frei herabhängend mit einer Wagschale in Verbindung gesetzt werden konnte. Seitlich war ein zweiarmiger Hebel in der Weise angebracht, daß der kürzere von beiden Armen, dessen Länge $^1/_6$ des anderen betrug, mit seiner äußersten Spitze in das Zugseil oberhalb der Wagschale faßte, während der andere Arm dementsprechend sechsfache Excursionen über einer kreisbogenförmigen Skala vollführte. Diese Vorrichtung machte es möglich, $^1/_8$ mm genau abzulesen und $^1/_{16}$ mm abzuschätzen.

Die frisch enucleierten Augen wurden bis zur Verarbeitung in sehr schwache (ca. $^1/_5$%) Formaldehydlösung gelegt und hinter dem Aequator durchschnitten. Aus der von episkleralem Gewebe und Chorioidea befreiten Sklera wurden dann Streifen von bestimmter Länge und Breite excidiert und so zwischen den Klemmvorrichtungen ausgespannt, daß der zur Geltung gelangende Zwischenraum sich gleich blieb. Die Dicke der Streifen bestimmte er an drei Stellen mit einem Zeiß'schen Dickenmesser."

Im Jahre 1899 wiederholte Jschreyt diese Versuche an 65 Rinderaugen unter Benutzung eines anderen Apparates, nämlich des Hartig-Reusch'schen Zerreißapparates: Es wurden 5 mm breite Streifen auf Bruchdehnung und Bruchbelastung verschiedener Skleralabschnitte geprüft. Die Messung der Dicke der Streifen mit einem „Mikromillimeter" nach L. Schopper, Leipzig wurde wieder aufgegeben, da keine zuverlässigen Werte erhalten wurden. Im übrigen kam er zu folgenden Resultaten:

„Die äquatorialen Limbusstreifen zeigen neben einer großen Bruchdehnung und großen Bruchbelastung eine geringe mittlere Dehnbarkeit. In Bezug auf die Höhe der Bruchbelastung werden sie nicht übertroffen. Die Anfangsdehnung ist sehr klein.

Den Limbusstreifen stehen die hinteren meridionalen Streifen — Jschreyt untersuchte nämlich immer nur entweder die vordere oder die hintere Hälfte der Meridionalstreifen — hinsichtlich des allgemeinen Charakters ihrer Kurven am nächsten. Bruchdehnung und Bruchbelastung sind groß, die mittlere Dehnbarkeit gering, Anfangsdehnung so groß wie bei keiner anderen Streifenart.

Die äquatorialen Streifen aus der Aequatorgegend zeigen die größte Bruchdehnung und die geringste Bruchbelastung. Die mittlere Dehnbarkeit ist am größten von allen Streifen.

Die vorderen meridionalen Streifen unterscheiden sich von allen anderen durch ihre sehr geringe Bruchdehnung; die Bruchbelastung ist größer als bei den Aequatorstreifen, aber kleiner als

bei den hinteren meridionalen und den Limbus-Streifen. Bei stärkerer Belastung ist die Längenzunahme der hinteren Streifen eine geringere, als diejenige der vorderen."

Die Versuche Jschreyts wurden von Koster dahingehend kritisiert, daß er behauptet, Versuche mit isolierten Skleralstreifen lieferten keine verwertbaren Resultate, wie auch Weber nach Aufgabe seiner Versuche gemeint habe.

Als letzter Untersucher in gleicher Richtung prüfte Casolino (1926) die Dehnbarkeit der Sklera in verschiedenen Altersstufen an menschlichen Leichenaugen. Als Maß der Dehnbarkeit galt ihm das Gewicht, das einen Skleralstreifen eben zum Reißen bringt. Er fand, daß die Verlängerung der Streifen nach Belastung zuerst rasch zunimmt, nach Anhängen weiterer Gewichte langsamer und vorm Reißen der Streifen wieder rascher. Die Verlängerung des belasteten Skleralstreifens verhalte sich proportional zu seiner ursprünglichen Länge und umgekehrt proportional zu seiner Breite. Aequatoriale Streifen seien widerstandsfähiger als die Meridionalstreifen. Streifen jugendlicher Lederhäute halten stärkere Belastung aus. Glaukomaugen ergaben geringe Dehnbarkeit. Er schreibt zum Schluß:

„Stärkere Rigidität der Sklera erscheint für die Pathogenese des Primärglaukoms von großer praktischer Bedeutung."

Weber, Jschreyt und Casolino sind die einzigen, die Versuche an isolierten Skleralstreifen hinsichtlich ihrer mechanischen Dehnbarkeit anstellten. Demgegenüber stehen zahlreiche histologische, manometrische, chemische und klinische Untersuchungen der Sklera.

Durch Herrn Prof. Dr. Schmelzer wurde ich angeregt, die Untersuchungsergebnisse von Weber, Jschreyt und Casolino mittels eines besonderen Apparates nachzuprüfen, der noch näher beschrieben wird. Zunächst sollten die grundlegenden Versuche an leicht zu beschaffenden Schweinsaugen durchgeführt werden, die äußerlich wohl den menschlichen Augen am nächsten kommen und daher eine gewisse Aehnlichkeit im Verhalten der Skleralstreifen vermuten lassen.

Beschreibung der Apparatur.

Die Schwierigkeit des ganzen Problems besteht ja von jeher in der Beschaffung einer geeigneten Apparatur. Die von Casolino, Weber und Jschreyt verwendeten Versuchsanordnungen kamen für uns nicht mehr in Frage, womit deren einfache Arbeitsmethoden nicht als falsch und schlecht bezeichnet werden sollen.

Eine Veröffentlichung von v. Pflugk (Münch. Med. Wo. 51, 2036—2058 Dez. 1932) lenkte unsere Aufmerksamkeit auf einen Apparat, der in der Textilindustrie Verwendung findet und von v. Pflugk für seine wissenschaftlichen Zwecke — Prüfung der Dehnbarkeit der Zonula und der Linsenkapsel — etwas modifiziert worden war. Dank liebenswürdigen Entgegenkommens seitens Herrn Prof. v. Pflugk war es mir möglich an Ort und Stelle in Dresden die Konstruktion und den Arbeitsvorgang des beschriebenen Apparates kennen zu lernen und selbst einige Versuche damit anzustellen. Für meine Versuche hier verwendete ich einen ähnlich konstruierten billigeren Apparat, der von der Firma Hugo Keyl, Dresden unter dem Namen „Festigkeitsprüfer Deforsenk" hergestellt wurde.

Beschreibung.

Als eigentliches Meßmittel dient eine Waage mit zwei Uebersetzungen, bezw. Aufhängemöglichkeiten für die Klemmen. Durch diese ist es möglich, Dehnungen bis 40% auch bei 30 cm Einspannlänge im Verhältnis 1 : 1 und bei kurzer Einspannlänge 1 : 4 aufzuzeichnen.

Das nach dem gewählten Dehnungsverhältnis und in der Länge in den Klemmen eingespannte Material wird nach Lösen der Arretur belastet. Die Belastung erfolgt durch einen Senkkörper, der an einem Seil hängt, das über eine Rolle läuft und mit einer Schreibvorrichtung verbunden ist. Die Schreibvorrichtung wird durch eine Kurbel mittels Schraubspindel betätigt.

Wird die Kurbel nach links gedreht, so senkt sich der Senkkörper in ein Ueberlaufgefäß und das Belastungswasser läuft durch einen Ueberlauf in ein Belastungsgefäß. Die Belastung erfolgt tropfenweise oder als Strahl, genau in der Geschwindigkeit, mit der man die Kurbel dreht und im Verhältnis zur Größe des Senkkörpers. An der Schreibvorrichtung wird von einer Papierrolle ein Streifen über eine feste Unterlage gezogen, so, daß man die Diagramme reihenweise aufschreiben kann. Das Schreiben erfolgt durch eine Feder. Die Belastung wird horizontal, die Dehnung senkrecht aufgeschrieben. Das Belastungsgefäß wird durch einen Ventilstab mit seitlich angebrachtem Führungsstab geschlossen. Wird der Waagebalken durch einen Handgriff arretiert, so hebt ein Greifer den Ventilstab hoch und das Belastungswasser strömt dann durch einen Trichter ab. Das Wasser wird von Zeit zu Zeit in ein Vorratsgefäß zurückgefüllt, von dem aus mittels eines Schlauches und Hahnes das Ueberlaufgefäß nachgefüllt werden kann, sobald ein Versuch beendet ist.

Das Arretieren der Waage erfolgt entweder nach erfolgtem Bruch oder nach Teilbelastungen. Um beim Bruch des Prüflings eine Erschütterung des Apparates zu vermeiden, wird jeder Stoß durch eine eingebaute Luftbremse aufgefangen.

Die Eintrocknung der Gewebsstücke wird durch einen an der unteren Klemme verschiebbar angebrachten Glaszylinder vermieden, in den entsprechende Lösungen eingefüllt werden können. Der Meßbereich kann zwischen 0,05 gr und 2000 gr variiert werden, je nachdem man im Verhältnis 1 : 1 oder 1 : 4 belastet und welcher Senkkörper gewählt wird. Zur Verfügung stehen vier Senkkörper für jeweilige Belastungen bis 5, 25, 250 oder 500 gr beim Verhältnis 1 : 1 und für Belastungen bis 20, 100, 1000 oder 2000 gr beim Verhältnis 1 : 4. An der Schreibvorrichtung ist ein Meßstab mit Millimetereinteilung angebracht, der das Ablesen der verschiedenen Belastungen ermöglicht. Die gewählte Belastung ist dann erreicht, wenn am Maßstab eine Verschiebung um 100 mm eingetreten ist, die durch Linksdrehen der Kurbel erzielt wird.

Der entsprechende Senkkörper wird am Karabiner des Seils aufgehängt, das zugehörige Ueberlaufgefäß untergestellt und der Senkkolben eingeführt. Die Marke am Belastungsmaßstab wird immer auf Null eingestellt. Nun wird vom Wasserbehälter aus das Ueberlaufgefäß gefüllt. Das Wasser selbst wird vorher mit Nekal behandelt, ein weißes, specksteinähnliches Pulver, das die Oberflächenspannung verringert und ein Hängenbleiben von Tropfen an den Gefäßen verhindern soll. Die Schreibfeder wird an das Papier herangeklappt und der Apparat wäre damit vorbereitet und versuchsfertig.

Beschreibung der Versuche.

Die für die Versuche nötigen Schweinsaugen wurden in meinem Beisein an eben getöteten Tieren vorsichtig enukleiert, von mir in mit physiologischer Kochsalzlösung getränkte Mulläppchen eingeschlagen und in Gläser verschlossen zum Versuchsplatz gebracht. Untersucht wurde täglich nur ein Paar Augen, um möglichst nur frisches Gewebe zu verwenden. Da die Versuche im Winter (1934/35) durchgeführt wurden, genügte zur Frischerhaltung der Augen das Hinausstellen vors Fenster, solange bis das eine Paarauge untersucht war. War die Außentemperatur über 0° C., dann wurde der Eisschrank verwendet. Bei der Präparation wurden sorgfältig alle Muskel und die Tenon'sche Kapsel mit einer stumpfen, gebogenen Schere und mit einer anatomischen Pinzette von der Sklera entfernt. Dabei wurde darauf geachtet, daß keine Ver-

letzung der Sklera gesetzt wurde und durch wiederholtes Beträufeln mit physiologischer Kochsalzlösung eine Austrocknung des Gewebes zu vermeiden gesucht. Der so präparierte Bulbus wurde nun mit Rasierklingen, die jeweils auf einem Korken frisch befestigt wurden, in vier Teile zerlegt. Ein Schnitt senkrecht durch die Mitte der Hornhaut, durch den Musculus rectus superior und inferior bis durch den Sehnerven verlaufend. Der zweite Schnitt teilte die eben gewonnenen Bulbushälften nochmals. Wiederum von der Hornhautmitte beginnend, einmal durch den Musculus rectus internus, das andere Mal durch den Musculus rectus externus bis zum Nervus opticus verlaufend. So erhielt ich 4 Teile, die bei den Versuchen nach ihrer anatomischen Lage mit temporal oben und temporal unten, nasal oben und nasal unten bezeichnet wurden. Dann wurden Glaskörper, Netzhaut und Aderhaut vorsichtig mit einer Pinzette abgezogen. Ein Viertel des Bulbus wurde nach und nach durch ein Doppelmesser in 1 mm breite Streifen geschnitten und zwar in je drei. Einer aus der Mitte, der zweite oberhalb und der dritte unterhalb, sodaß am Bulbus selbst im ganzen 12 Streifen untersucht wurden. Die Länge der Streifen wurde auf 15 mm festgelegt, weil dann gerade noch das kürzeste temporale Gewebsstück von den Klemmen genügend gefaßt werden kann. Im Gegensatz zu Weber und Jschreyt wurden durchgehende Streifen vom Optikus bis zum Limbus nach dem Beispiel von Casolino verwendet, sodaß eine Teilung am Aequator in anteriore und posteriore Streifen unterblieb und sogar absichtlich vermieden wurde, um möglichst den hinteren Bulbusabschnitt im ganzen zu untersuchen, der von Jschreyt als besonders wichtig angesehen wurde. Jschreyt schreibt darüber folgendes:

„Ob man nun aber an der Existenz einer elastischen Kompensationseinrichtung der Sklera für Druckschwankungen festhalten will oder nicht, das steht jedenfalls fest, daß nur der hintere Abschnitt der Skleralkapsel hierfür organisiert sein kann. Außer den Ergebnissen der physikalischen Experimente und der mikroskopischen Untersuchung zeigen auch die anatomischen Verhältnisse der Muskelanlagerung, daß eine Inanspruchnahme des vorderen Abschnittes ausgeschlossen ist.". Aus diesem Grunde wurde bei dem längsten nasalen Streifen absichtlich ein kleines Stück vom Limbus geopfert, um die gleichmäßige Einspannung vom Optikus ab aufrecht zu erhalten. Das Optikusende des Streifens wurde in die untere Klemme, das limbusnahe Ende des Streifens in die obere Klemme eingespannt. Nur durch diese Festlegung war es am Schluß des Versuches möglich, festzustellen, ob der Streifen in Limbusnähe, am Aequator oder in Optikusnähe durchgerissen war. Um jederzeit die gleiche Länge von 15 mm festhalten zu können, wurden Filtrier-

papierrähmchen angefertigt, die gleichzeitig noch das Abrutschen der Streifen aus den Klemmen verhinderten und ein vorzeitiges Dehnen unmöglich machten. Nach Einlegen des Streifens in das Filtrierpapierrähmchen wurde er in die Klemmen des Apparates eingespannt, das Rähmchen seitlich durchschnitten und der Glascylinder mit physiologischer Kochsalzlösung in die Höhe geschoben, damit der Streifen auch während des Versuches nicht ausdrocknen konnte.

Infolge der hohen Festigkeit der Sklera vom Schwein mußte immer die höchste Belastung bis 2000 gr. d. h. diejenige Meßart, bei welcher die abgelesenen Gewichte im Verhältnis 1 : 4 multipliziert werden müssen infolge Benutzung des kurzen Hebelarmes (wie schon bei der Beschreibung des Apparates ausgeführt wurde) gewählt werden, um endliche Kurven zu erhalten. Daher konnten am Belastungsmaßstab nur Unterschiede von 5 zu 5 gr abgelesen werden. Die Belastung selbst erfolgte aber allmählich und zwar tropfenweise.

Nach diesen Vorbereitungen begannen erst die eigentlichen Versuche, das Schreiben von Diagrammen (Kurven). Die Arretierung wird gelöst und durch gleichmäßiges Drehen der Kurbel nach links fließt das Belastungswasser tropfenweise aus dem Ueberlaufgefäß in das Belastungsgefäß. Der Streifen wird langsam bis zum Bruch gedehnt. Dabei zeichnet die Schreibfeder auf dem Papier die entsprechende Kurve. Nach erfolgtem Bruch wird eine horizontale und vertikale Meßlinie gezogen. Die horizontale Linie ist die Basis für die Dehnung, die vertikale die Basis für die Belastung. Die Belastungswerte wurden zwar sofort am Maßstab abgelesen und notiert, können aber jederzeit an Hand der fertigen Kurven neu abgemessen werden, sodaß immer eine Kontrolle möglich ist.

Auf diese Weise wurden insgesamt 55 Schweinsaugen untersucht, deren Werte als zuverlässig bezeichnet werden müssen. Denn am Verlauf der Kurven und je nach den Bruchergebnissen wußte ich sofort, ob ein Auge geschädigt war oder nicht. Dieses wurde dann sofort ausgeschaltet. Zum Vergleich wurde ein Auge untersucht, das länger als 24 Stunden nicht vorschriftsmäßig aufbewahrt worden war. Aus den Kurven war deutlich die Gewebsschädigung zu erkennen. Außerdem waren die Bruchstücke des Streifens nicht kurz abgerissen oder schräg gefasert, sondern lang und dünn ausgezogen, ein Zeichen, daß durch Fäulniserscheinungen der Gewebsverband weitgehend gelöst sein mußte.

Von diesen 55 Augen wurden bei 31 Augen (7 Einzel- und 24 Paaraugen) meridionale Streifen untersucht, und zwar in ganzen Stücken vom Optikus bis zum Limbus; an jedem Auge insgesamt 12

Streifen, 3 nasal oben, 3 nasal unten, 3 temporal oben und 3 temporal unten. Die Begründung weshalb keine weitere Unterteilung in vordere und hintere Streifen geschah, wurde bereits oben gegeben. (S. 13). Weitere 18 Augen wurden in circuläre Streifen zerlegt. Ein Streifen am Limbus, ein zweiter am Aequator und ein dritter am Optikus. 14 Augen wurden in horizontaler Richtung geschnitten, sodaß einmal 3 Streifen aus der oberen Bulbushälfte und einmal 3 Streifen aus der unteren Hälfte gewonnen wurden. Zum Vergleich wurden noch ähnliche Streifen bei 4 Augen aus der nasalen und temporalen Bulbushälfte entnommen. Weiterhin wurden bei 2 Augen die Lederhaut im Zusammenhang mit der Hornhaut untersucht, um das Verhalten des Limbus in meridionaler Richtung getrennt zu studieren. Zum Schluß wurden zur Gegenüberstellung noch an 4 Augen reine Hornhautstreifen gemessen.

Das Alter der Tiere, von denen die untersuchten Augen stammen, betrug bei den untersuchten Meridionalstreifen der Reihenfolge nach 6 bis 12 Monate, einmal (Einzelauge) 15 Monate, 2 mal (2 Paaraugen) 2 Jahre und 4 mal (4 Paaraugen) 4 Jahre; bei den Circulärstreifen handelte es sich um Tiere im Alter von 6 bis 11 Monaten fortlaufend und 2 mal (2 Paaraugen) von 2 Jahren.

Den Hornhaut-Lederhautstreifen lagen Augen von 9 Monate alten Tieren und den Hornhautstreifen Augen von 12 Monate alten Tieren zu Grunde.

Augen von alten Schweinen zu erhalten war mit großen Schwierigkeiten verbunden, weil meist nur junge im Alter von 6 bis 12 Monaten zur Schlachtung kommen.

Versuchsergebnisse.

Auf oben beschriebene Art und Weise wurden 500 Diagramme gewonnen, die im nachfolgenden besprochen werden sollen.

A. Meridionalstreifen.

Zunächt folgen die Untersuchungsergebnisse von den Meridionalstreifen, deren Zerreißgrenze ermittelt wurde und zwar der höchste und der niedrigste Wert von allen Streifen. Dann wurde von den einzelnen Augen das arithmetische Mittel errechnet. Außerdem noch an jedem Auge die Differenz zwischen Höchst- und Niedrigstwert.

Tabelle I.

Wie aus der obigen Tabelle ersichtlich, ist eine Lokalisation der niedrigsten und höchsten Zerreißgrenze, ob vorwiegend nasal oder temporal nicht möglich.

Was das Alter der Tiere anbetrifft, so war bei jungen Schweinen die Schwankung zwischen Höchst- und Niedrigstwert bei Streifen vom gleichen Auge sehr bedeutend, während bei alten Schweinen eine geringere Differenz und mehr Ausgeglichenheit gefunden wurde. Die stärkste Belastung hielten fast durchweg die jungen Augen aus. Geringere Festigkeit und niedrigere Werte fanden sich bei älteren Augen.

Durch genaues und gleichmäßiges Einspannen der Streifen konnte jedes Mal nach erfolgtem Bruch die Rißstelle notiert werden. Die Zusammenstellung ergab, daß die Rißstelle von 359 Streifen lag:

35 mal in Limbusnähe
178 „ am Aequator
66 „ in Optikusnähe
45 „ in der Mitte zwischen Limbus und Aequator
35 „ in der Mitte zwischen Optikus und Aequator

Daraus ist ersichtlich, daß vorwiegend der hintere Bulbusabschnitt der Belastung nachgab und dort der Bruch erfolgte. Ein Zeichen dafür, daß dieser Abschnitt weniger fest sein muß.

Nun folgt eine Aufstellung, in welchem Viertel des Bulbus die Meridionalstreifen gerissen sind, ob nasal oder temporal und mit welcher Häufigkeit.

Tabelle II.

Lokalisation und Häufigkeit der Bruchstellen.

Streifen in Limbusnähe gerissen:
Nasal oben 17 mal Temporal oben 7 mal
Nasal unten 8 mal Temporal unten 3 mal

Streifen am Aequator gerissen:
Nasal oben 31 mal Temporal oben 43 mal
Nasal unten 52 mal Temporal unten 50 mal

Streifen in Optikusnähe gerissen:
Nasal oben 17 mal Temporal oben 19 mal
Nasal unten 19 mal Temporal unten 10 mal

Streifen zwischen Limbus und Aequator gerissen:
Nasal oben 24 mal Temporal oben 9 mal
Nasal unten 7 mal Temporal unten 5 mal

Streifen zwischen Optikus und Aequator gerissen:
Nasal oben 2 mal Temporal oben 10 mal
Nasal unten 5 mal Temporal unten 17 mal

Tabelle I.

Festigkeitswerte bei Bruchbelastung.

Meridional-streifen		Nasal Oben			Nasal Unten			Temp. Oben			Temp. Unten			Werte			
Alter	Auge	Ob.	Mitt.	Unt.	Ob.	Mitt.	Unt.	Ob	Mitt.	Unt.	Ob.	Mitt.	Unt.	Höchst	Differenz	Niedrigst	Mittel
7 Mon.	R	860	490	280	385	235	400	555	505	375	575	315	450	860	625	235	452
8—9 „	L	815	595	505	510	475	370	570	345	265	535	455	760	815	550	265	516,6
9 „	L	460	370	410	405	225	360	300	260	355	255	545	590	590	365	325	378
9 „	L	215	185	290	210	230	275	335	370	385	335	305	190	385	200	185	277
12 „	R	250	290	295	260	280	355	290	210	215	420	440	335	440	230	210	303,3
15 „	L	1035	440	290	425	380	615	815	620	450	375	300	360	1035	745	290	504,5
7—9 „	R	575	465	440	440	390	460	590	455	780	290	420	490	780	490	290	483
7—9 „	L	315	160	195	195	255	515	420	185	325	150	165	190	515	355	160	255,8
9 „	R	385	240	330	510	295	350	210	460	395	345	320	130	510	380	130	328,3
9 „	L		190			190			220			415		415	225	190	
6—7 „	R	320	285	540	280	260	315	195	205	190	275	295	180	540	360	180	278,3
6—7 „	L	390	280	615	290	295	330	220	180	280	370	300	590	615	435	180	345,5
8 „	R	310	300	720	540	225	295	440	350	710	415	320	300	720	495	225	410,4
8 „	L	340	515	500	335	255	345	445	225	270	350	280	450	515	290	225	359,1
9 „	R	450	430	220	345	330	475	430	395	310	150	275	270	475	325	150	337,5
9 „	L	415	355	260	460	510	295	390	305	330	250	310	415	510	260	250	358
10 „	R	690	470	530	545	345	670	740	500	595	525	420	550	740	395	345	548,3
10 „	L	540	425	610	430	325	420	580	420	865	605	325	555	865	540	325	508,3
11 „	R	260	330	295	310	730	580	250	420	200	470	490	290	730	530	200	387
11 „	L	375	345	240	300	330	365	400	280	215	390	345	730	730	515	215	359,5
12 „	R	510	435	415	455	470	600	780	670	425	435	290	340	780	490	290	485,4
12 „	L	550	375	315	625	440	295	650	575	455	350	450	655	655	360	295	478
18 „	R	340	220	340	260	140	175	610	270	400	190	220	215	400	260	140	281,6
18 „	L	390	305	405	300	180	270	315	260	285	195	150	215	405	255	150	272,5
2 Jahr	R	615	490	405	450	430	290	440	515	380	380	355	380	615	325	290	444,1
2 „	L	420	495	455	475	410	375	490	500	505	350	380	390	505	155	350	437
4 „	R	500	400	460	335	500	580	615	535	595	410	600	595	615	280	335	509,5
4 „	L	535	430	495	455	270	315	630	590	380	320	260	445	630	370	260	427
4 „	R	535	480	705	730	735	700	660	580	555	545	445	470	735	290	445	595
4 „	L	590	530	475	390	450	700	810	510	510	470	480	450	810	420	390	530,4

Zusammenstellung.

Nasal oben insgesamt 91 mal
Nasal unten insgesamt 91 mal
Temporal oben insgesamt 88 mal
Temporal unten insgesamt 85 mal

Die Ableitung aus Tabelle II führte zur Errechnung der geringsten Festigkeit, die aus der Häufigkeit der Rißstellen von nasal oben, nasal unten, temporal oben und temporal unten hervorgeht. Obwohl kein all zu sehr ins Auge stechender Unterschied gefunden wurde, ist aber anscheinend doch die nasale Bulbushälfte etwas schwächer.

Die Bruchdehnung der Streifen d. h. die Dehnung des Streifens in mm Länge (vom ursprünglichen Zustand bis zum Zerreißen) im Verhältnis zu seiner ursprünglichen Länge, wurde besseren Verständnisses halber in Prozenten ausgedrückt und zwar nach der Formel:

$$x = \frac{V \cdot 100}{15}, \text{ wobei}$$

V = jeweilige Verlängerung des Streifens in mm auf der Kurve gemessen,

15 = ursprüngliche Länge des Streifens.

Diese Werte müssen aber noch durchwegs durch 4 dividiert werden, weil ja die auf der Kurve ausgemessenen Werte in Wirklichkeit 4 mal so groß sind. Zur Bestimmung der Dehnungslänge wurde eine Pause verwendet, auf der eine Millimetereinteilung eingezeichnet war.

Tabelle III.

Die Bruchdehnung hielt sich bei den untersuchten Augen zwischen 10% und 35%. Bei 342 meridionalen Streifen war die Verteilung der Bruchdehnung folgende:

5	Streifen	mit	10,0%	Dehnung
6	„	„	11,6%	„
20	„	„	13,3%	„
1	„	„	14,1%	„
33	„	„	15,0%	„
37	„	„	16,6%	„
46	„	„	18,3%	„
1	„	„	19,1%	„
49	„	„	**20,0**%	„ Durchschnitt!

44	Streifen	mit	21,6%	Dehnung
29	„	„	23,3%	„
23	„	„	25,0%	„
24	„	„	26,6%	„
12	„	„	28,3%	„
6	„	„	30,0%	„
3	„	„	31,6%	„
1	„	„	33,0%	„
2	„	„	35,0%	„
342	Streifen	insgesamt.		

Weitere Schlüsse auf die Lokalisation am Bulbus hinsichtlich der Dehnung konnten nicht gezogen werden, da die Schwankungen der Dehnungswerte zu große waren. Auch hinsichtlich des Alters der Schweine konnten ebenfalls keine Unterschiede mit Sicherheit aufgestellt werden.

Nur soviel kann mit Sicherheit auf Grund der Diagramme festgestellt werden, daß die Anfangsdehnung größer ist als die Dehnung bei stärkerer Belastung. Und zwar wurde bei mittlerer Belastung fast immer die geringste Dehnung gefunden, während sie kurz vor dem Reißen wieder zunimmt.

B. Circulärstreifen.

Viel deutlicher und regelmäßiger waren die Ergebnisse bei den Circulärstreifen. Hier besteht ein sicherer Unterschied hinsichtlich der Leistungsfähigkeit des Gewebes am Limbus, Aequator und Optikus. Die größte Festigkeit zeigten stets die circulären Limbusstreifen. An zweiter Stelle standen die optikusnahen und am leichtesten zerrissen die Aequatorstreifen. Auch hinsichtlich der Dehnung war ein deutlicher Unterschied zu bemerken, indem die Aequatorstreifen die größte, die optikusnahen Streifen eine mittlere und die Limbusstreifen die geringste Dehnungsfähigkeit aufwiesen.

Tabelle IV u. V.

Bei den Limbusstreifen waren Belastungen bis zu 1565 gr. nötig, um eine Zerreißung herbeizuführen.

C. Lederhaut-Hornhautstreifen.

Die Lederhaut-Hornhautstreifen wurden so untersucht, daß der Limbus genau in der Mitte zwischen den beiden Klemmen eingestellt

Tabelle III.

Festigkeit und Dehnung bei Bruchbelastung.

Alter		7 Mon.		8—9 Mon.		9 Mon.		9 Mon.		12 Mon.		15 Mon.		7—9 Mon.			9 Mon.				6—7 Mon.				8 Mon.				9 Mon.			
Auge		R		L		L		L		R		L		R		L	R		L		R		L		R		L		R		L	
		gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%
Nasal Oben	Oben	860	25,0	815	21,6	460	15,0	215	18,3	250	15,0	1035	26,6	575	31,6	315	21,6	385	25,0			320	13,3	390	13,3	310	15,0	340	13,3	450	18,3	415	20,0
	Mitte	490	31,6	595	23,3	370	18,3	185	16,6	290	20,0	440	28,3	465	18,3	160	20,0	240	21,6	190	23,3	285	20,0	280	16,6	300	15,0	515	18,3	430	23,3	355	20,0
	Unten	280	20,0	505	18,3	410	20,0	290	21,6	295	20,0	290	28,3	440	25,0	195	21,6	330				540	20,0	615	20,0	720	16,6	500	16,6	220	20,0	260	18,3
Nasal Unten	Oben	385	26,6	510	25,0	405	18,3	210	21,6	260	26,6	425	30,0	440	20,0	195	21,6	510	28,3			280	20,0	290	26,6	540	16,6	335	11,6	345	18,3	460	20,0
	Mitte	235	13,3	475	26,6	225	18,3	230	25,0	280	25,0	380	21,6	390	18,3	255	21,6	295	18,3	190	25,0	260	20,0	295	18,3	225	13,3	255	11,6	330	20,0	510	28,3
	Unten	400	21,6	370	25,0	360	18,3	275	15,0	355	25,0	615	15,0	460	16,6	515	21,6	350	13,3			315	21,6	330	18,3	295	16,6	345	10,0	475	23,3	295	20,0
Temp. Unten	Oben	575	23,3	535	20,0	255	15,0	335	28,3	420	33,0	375	13,3	290	21,6	150	16,6	345	18,3			275	21,6	370	23,3	415	13,3	350	15,0	150	16,6	250	20,0
	Mitte	315	20,0	455	18,3	545	21,6	305	13,3	440	30,0	300	16,6	420	21,6	165	31,6	320	26,6	415	28,3	295	15,0	300	21,6	320	10,0	280	21,6	275	23,3	310	18,3
	Unten	450	16,6	760	18,3	590	23,3	190	13,3	335	30,0	360	16,6	490	20,0	190	20,0	130	10,0			180	13,3	590	21,6	300	11,6	450	11,6	270	15,0	415	16,6
Temp. Oben	Oben	555	25,0	570	18,3	300	21,6	335	20,0	290	26,6	815	16,6	590	21,6	420	23,3	210	16,6			195	15,0	220	15,0	440	16,6	445	16,6	430	15,0	390	18,3
	Mitte	505	25,0	345	18,3	260	21,6	370	25,0	210	16,6	620	21,6	455	23,3	185	21,6	460	26,6	220	20,0	205	21,6	180	20,0	350	20,0	225	15,0	395	20,0	305	25,0
	Unten	375	18,3	265	20,0	355	23,3	385	25,0	215	15,0	450	23,3	780	23,3	325	23,3	395	35,0			190	13,3	280	21,6	710	21,6	270	21,6	310	21,6	330	28,3

Alter		10 Mon.				11 Mon.				12 Mon.				18 Mon.				2 Jahre				4 Jahre				4 Jahre			
Auge		R		L		R		L		R		L		R		L		R		L		R		L		R		L	
		gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%
Nasal Oben	Oben	690	18,3	540	16,6	260	30,0	375	15,0	510	21,6	550	20,0	340	20,0	390	16,6	615	26,6	420	15,0	500	25,0	535	18,3	535	28,3	590	20,0
	Mitte	470	23,3	425	16,6	330	25,0	345	21,6	435	28,3	375	25,0	220	13,3	305	16,6	490	23,3	495	23,3	400	10,0	430	16,6	480	26,6	530	20,0
	Unten	530	19,1	610	20,0	295	25,0	240	23,3	415	20,0	315	20,0	340	23,3	405	21,6	405	21,6	455	21,6	460	35,0	495	20,0	705	26,6	475	20,0
Nasal Unten	Oben	545	18,3	430	16,6	310	30,0	300	30,0	455	20,0	625	18,3	260	18,3	300	23,3	450	26,6	475	21,6	335	20,0	455	26,6	730	20,0	390	21,6
	Mitte	345	15,0	325	16,6	730	26,6	330	28,3	470	25,0	440	26,6	140	16,6	180	21,6	430	15,0	410	15,0	500	26,6	270	18,3	735	18,3	450	25,0
	Unten	670	15,0	420	15,0	580	25,0	365	23,3	600	16,6	295	20,0	175	16,6	270	15,0	290	10,0	375	11,6	580	18,3	315	15,0	700	18,3	700	15,0
Temp. Unten	Oben	525	13,3	605	16,6	470	26,6	390	26,6	435	16,6	350	20,0	190	13,3	195	18,3	380	15,0	350	18,3	410	15,0	320	15,0	545	20,0	470	21,6
	Mitte	420	13,3	325	10,0	490	28,3	345	16,6	290	15,0	450	16,6	220	18,3	150	16,6	355	18,3	380	18,3	600	23,3	260	18,3	445	20,0	480	23,3
	Unten	550	13,3	555	13,3	290	20,0	730	21,6	340	21,6	655	14,1	215	13,3	215	16,6	380	21,6	390	13,3	595	21,6	445	16,6	470	15,0	450	26,6
Temp. Oben	Oben	740	18,3	580	20,0	250	11,6	400	20,0	780	16,6	650	13,3	610	20,0	315	21,6	440	25,0	490	18,3	615	18,3	630	23,3	660	23,3	810	23,3
	Mitte	500	16,6	420	15,0	420	15,0	280	21,6	670	18,3	575	21,6	270	18,3	260	16,6	515	26,6	500	23,3	535	18,3	590	26,6	580	26,6	510	21,6
	Unten	595	18,3	865	18,3	200	15,0	215	18,3	425	26,6	455	18,3	400	26,6	285	23,3	580	28,3	505	25,0	595	26,6	380	23,3	555	20,0	510	28,3

Tabelle IV.

Festigkeitswerte bei Bruchbelastung.

Alter der Augen		Oben			Unten		
		Aequator	Limbus	Optikus	Aequator	Limbus	Optikus
6–7 Mon.	R	110	1205	230	90	780	310
	L	125	1365	390	70	860	310
8 Mon.	R	130	530	185	230	1035	355
	L	90	490	155	120	830	310
9 Mon.	R	130	1050	440	60	180	260
	L	125	935	370	60	570	235
10 Mon.	R	220	990	530	80	870	325
	L	200	1025	380	100	790	150
11 Mon.	R	170	1565	770	80	1015	410
	L	205	1545	790	90	790	400
2 Jahr	R	200	1315	580	130	455	270
	L	175	1510	570	120	590	300
12 Mon.	R	60			90		
	L	150			135		
9 Mon.	R	120		380	65		

		Temp.			Nasal		
9 Mon.	R	125	950	300	140	680	380
	L	110	570	215	40	695	250
11 Mon.	R	190	1125	750	115	840	680
	L	220	1070	515	130	390	720

Tabelle V.

Festigkeit und Dehnung bei Bruchbelastung.

Alter		6—7 Monat				8 Monat				9 Monat				10 Monat				11 Monat				2 Jahre				12 Monat				9 Monat	
Auge		R		L		R		L		R		L		R		L		R		L		R		L		R		L		R	
		gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%
Oben	Aequator	110	16,6	125	25,0	130	20,0	90	23,3	130	23,3	125	15,0	220	30,0	200	23,3	170	30,0	205	25,0	200	16,6	175	28,3	60	18,3	150	26,6	120	20,0
	Limbus	1205	23,3	1365	25,0	530	25,0	490	20,0	1050	21,6	935	16,6	990	18,3	1025	21,6	1565	21,6	1545	23,3	1315	16,6	1510	23,3						
	Optikus	230	31,6	390	35,0	185	20,0	155	25,0	440	25,0	370	23,3	530	26,6	380	31,6	770	28,3	790	31,6	580	26,6	570	33,3					380	35,0
Unten	Aequator	90	28,3	70	20,0	230	30,0	120	28,3	60	16,6	60	18,3	80	25,0	100	15,0	80	35,0	90	23,3	130	30,0	120	21,6	90	35,0	135	21,6	65	16,6
	Limbus	780	30,0	860	23,3	1035	18,3	830	20,0	180		570	20,0	870	26,6	790	26,6	1015	21,6	790	25,0	455	20,0	590	23,3						
	Optikus	310	30,0	310	28,3	355	25,0	310	21,6	260	25,0	235	25,0	325	28,3	150	23,3	410	31,6	400	23,3	270	30,0	300	33,3						

Alter		9 Monat				11 Monat			
Auge		R		L		R		L	
		gr	%	gr	%	gr	%	gr	%
Temp.	Aequator	125	16,6	110	28,3	190	23,3	220	30,0
	Limbus	950	21,6	570	15,0	1125	23,3	1070	25,0
	Optikus	300	25,6	215	21,6	750	25,0	515	33,3
Nasal	Aequator	140	45,0	40	26,6	115	33,3	130	25,0
	Limbus	680		695	31,6	840	26,6	390	26,6
	Optikus	380	26,6	250	28,3	680	30,0	720	28,3

war. Die Zerreißgrenze schwankte zwischen einer Belastung von 480—600 gr. Niemals riß zuerst die Hornhaut oder der Limbus, sondern die Lederhaut riß in der Nähe der Klemme.

D. Hornhautstreifen.

Die Hornhautstreifen hielten durchweg eine Belastung zwischen 510—780 gr. aus und die Bruchdehnung lag zwischen 21,6 bis 30,0%, sodaß man von einer relativ guten Dehnungsfähigkeit bei durchschnittlich hoher Festigkeit sprechen darf.

Zusammenfassung.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse steht fest, daß die Meridionalstreifen junger Augen große Schwankungen in der Festigkeit aufweisen, während alte Augen mehr Ausgeglichenheit besitzen. Außerdem wurde beobachtet, daß junge Augen eine hohe Festigkeit, alte dagegen eine geringere Festigkeit aufweisen.

Die geringste Festigkeit wurde im hinteren Bulbusabschnitt gefunden, da dort die Meridionalstreifen in der überwiegenden Anzahl gerissen sind.

Die nasale Hälfte der Schweinsaugen ist weniger fest und widerstandsfähig gegenüber Zerreißung als die temporale Hälfte, vielleicht weil die geschütztere Lage keinen kräftigeren Aufbau erfordert.

Die Bruchdehnung lag der Häufigkeit nach um 20% herum und schwankte im ganzen zwischen 10 bis 35%.

Bei allen Meridionalstreifen war die Anfangsdehnung nach Vergleich der Kurven untereinander größer als die Dehnung bei fortschreitender Belastung. Eine Zunahme der Dehnung erfolgte wieder kurz vor der Zerreißung, die als Bruchdehnung genauer gemessen werden konnte.

Die circulären Limbusstreifen haben die größte Festigkeit, dann folgen die optikusnahen Streifen und am wenigsten widerstandsfähig sind die Aequatorstreifen. Hinsichtlich der Dehnung und Elastizität stehen die Aequatorstreifen an erster Stelle, die optikusnahen Streifen an zweiter und an dritter Stelle folgen die Limbusstreifen mit der geringsten Dehnungsfähigkeit.

Bei den Hornhaut-Lederhautstreifen trat nie eine Zerreißung am Limbus ein.

Die Hornhautstreifen haben gute Dehnungsfähigkeit bei relativ hoher Festigkeit.

Von allen Streifen sind die circulären Limbusstreifen gegen Belastung am widerstandsfähigsten von allen Streifen.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse stimmen, soweit ein Vergleich möglich war, mit denen von Weber, Casolino und Jschreyt überein. Dies feststellen zu können, ist insofern erfreulich, als die Untersuchungen dieser Forscher mit noch recht primitiven Untersuchungsmitteln durchgeführt wurden und eine Bestätigung durch zuverlässigere Arbeitsmethoden bisher nicht vorliegt.

Inwieweit meine Untersuchungsergebnisse dazu beitragen können, der Lösung der Glaukom-Frage zu dienen, läßt sich nicht sagen. Erst weitere Untersuchungen, die auf den Ergebnissen meiner Arbeit fußen und zum Ziel haben, festzustellen, wie sich die Sklera des gesunden und glaukomkranken Menschenauges verhalten — welche Arbeit bereits in Angriff genommen ist —, werden zeigen, ob einer primären krankhaften Veränderung der Lederhaut eine ausschlaggebende Bedeutung für die Pathogenese des primären Glaukoms zukommt.

Herrn Prof. Dr. Schmelzer danke ich für die Ueberlassung dieser interessanten Arbeit und für seine Unterstützung dabei. Außerdem möchte ich nicht versäumen, Herrn Prof. Dr. v. Pflugk, Dresden, für seine Beratung und Hilfe in der Beschaffung der Apparatur meinen besonderen Dank auszusprechen.

Die Kurven, die von den einzelnen Skleralstreifen angefertigt wurden, sind in einer Mappe geordnet im Laboratorium der Univ.-Augenklinik, Erlangen aufbewahrt und können dort jederzeit eingesehen werden.

Wegen der hohen Druckkosten war die Drucklegung der Kurven in meiner Arbeit unmöglich.

Literaturverzeichnis.

1. Coccius A.: Beitrag zur Lehre vom Wesen des Glaukoms und zur Heilwirkung der Iridektomie. Graefes Arch. 9, 1—21 (1863), zit. nach Vogelsang.
2. Graefe A. v.: Beiträge zur Pathologie und Therapie des Glaukoms. Graefes Arch. 15, III 108—252 (1869), zit. nach Vogelsang.
3. Pflüger E.: Beiträge zur Ophthalmotonometrie. Arch. Augenheilk. 2, 1—48 (1872), zit. nach Vogelsang.
4. Wedl C. Zur patholog. Anatomie des Glaukoms. Abh. prakt. Augenheilk. Wien 1882, zit. nach Vogelsang.
5. Schultén M. W. v.: Experimentelle Untersuchungen über die Zirkulationsverhältnisse des Auges. Graefes Arch. 30 III, 1—76 (1884), zit. nach Vogelsang.
6. Mauthner L. Die Lehre vom Glaukom, Wiesbaden 1889, zit. nach Vogelsang.
7. Maklakoff: L'Ophthalmotonométrie Arch. d'Ophthalm. 15, 159—165 (1885), zit. nach Vogelsang.
8. Jmbert A.: Théorie des Ophthalmométres Arch. d'Ophthalm. 15, 358—363 (1885), zit. nach Vogelsang.
9. Koster W.: Beiträge zur Tonometrie und Manometrie des Auges. Graefes Arch. 41, 2, 113—158 (1895).
10. Gruber R.: Physikalische Studien über Augendruck und Augenspannung. Arch. Augenheilk. 35, 59—85 (1897), zit. nach Vogelsang.
11. Schiötz H.: Ein neuer Tonometer-Tonometrie. Arch. Augenheilk. 52, 401—423 (1905) u. 62, 317—339 (1909).
12. Schmidt-Rimpler H.: Glaukom u. Ophthalmomalacie. Graefe-Saemischs Handbuch der gesamten Augenheilkunde, 2. Aufl. Bd. 6, I (1908), zit. nach Vogelsang.
13. Ruben L.: Beiträge zur Lehre vom Augendruck und vom Glaukom. Graefes Arch. 86, 258—304 (1913), zit. nach Vogelsang.
14. Stransky H.: Anomalien der Skleralspannung. Leipzig 1912, zit. nach Vogelsang.
15. Krekeler S.: Die Struktur der Sklera in den verschiedenen Lebensaltern. Arch. Augenheilk. 93, 144—159 (1923), zit. nach Vogelsang.

16. Fischer F. P.: Experimentelle Untersuchungen an der Lederhaut. Arch. Augenheilk. 97, 467—492 (1926), zit. nach Vogelsang.
17. — —: Ueber die Beschaffenheit der äußeren Bulbushüllen bei abnormem intraokularen Druck. Arch. Augenheilk. 103, 1—75 (1930), zit. nach Vogelsang.
18. Vogelsang K.: Ueber Elastizitätsmessungen am Auge. Arch. Augenheilk. 103, 357—423 (1930).
19. Kokott W.: Das Spaltlinienbild der Sklera. Klin. Mbl. Augenheilk. 92, 177—185 (1934).
20. Weber A.: Die Ursache des Glaukoms. Arch. Augenheilk. 23, I, 1—91 (1877).
21. Jschreyt G.: Zur Mechanik der Sklera. Graefes Arch. 46, 677—705 (1898).
22. — —: Anatomische und physikalische Untersuchungen der Rindersklera. Graefes Arch. 48, 384—419 (1899).
23. — —: Kritische Bemerkungen zu Herrn Prof. W. Kosters Gzn. Aufsatz: Beiträge zur Tonometrie und Manometrie des Auges. Graefes Arch. 48, 694—698 (1899).
24. Casolino L.: Ricerche sperimentali sulla distensibilità della sclera in rapporto all'età (Experimentelle Untersuchungen über die Dehnbarkeit der Sklera in verschiedenen Altersstufen). Ann. di ottalmol. e clin. oculist. Jg. 54, H. 5, 490—514 (1926).
25. Pflugk A. v.: Ist die Helmholtzsche Erklärung des Akkommodationsvorganges heute noch haltbar? Mü. Med. Wo. 51, 2036—2038 (Dez. 1932).
26. Peters A.: Das Glaukom. Handbuch der gesamten Augenheilkunde 3. Aufl. 1930.

Lebenslauf.

Hermann Heymann wurde am 16. November 1908 als Sohn des Hauptwachtmeisters Karl, Hermann Heymann und seiner Ehefrau Helene, Louise geb. Kürsten zu Aue im Erzgebirge geboren. Von 1915—1917 besuchte er die Volksschule in Aue und bis 1919 in Chemnitz. Ab Ostern 1919 trat er in das Realgymnasium zu Chemnitz über, das er am 15. März 1928 mit dem Reifezeugnis verließ.

Im Sommer-Semester 1928 begann er das medizinische Studium in Gießen, wo er im Februar 1931 das Physikum bestand.

Im S.-S. 1931 und im W.-S. 1931/32 besuchte er die Universität in Wien. Die letzten Semester von 1932 bis 1933 studierte er an der Universität Erlangen, wo er am 22. Januar 1934 die medizinische Staatsprüfung ablegte.

Ab 23. Januar 1934 war er als Medizinal-Praktikant in der hiesigen Univ.-Augenklinik und im Herbst in der Med.-Klinik.

Nach Erteilung der ärztl. Approbation am 22. Januar 1935 war er als Volontärassistent und ab 1. August 1935 ist er als Assistenzarzt an der hiesigen Univ.-Augenklinik tätig.